

CONTROLLING METHOD AND EQUIPMENT FOR EXPOSURE

Patent Number: JP6267826
Publication date: 1994-09-22
Inventor(s): SUZUKI KAZUAKI
Applicant(s): NIKON CORP
Requested Patent: ☐ JP6267826
Application JP19930053449 19930315
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L21/027; G03B27/72; G03F7/20;
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To improve the control precision of dose and illuminance uniformity for a sensitized substrate, when the pattern of a reticle is exposed on the sensitized substrate by a slit scan exposure method using a pulse light source.

CONSTITUTION: A slit type illumination region is illuminated with a pulse light from a pulse light source 1, via an illumination optical system (2-10). Images in the illumination region are exposed on an exposure region 24W, via a projection optical system 15. A reticle R and a wafer W are synchronously scanned in the opposite direction, and the pattern of a reticle is exposed on the wafer W. A light emission trigger TP of constant frequency is supplied to the pulse light source 1, and the number of exposure pulses or the like is determined considering irregularity of pulse light quantity and irregularity of light emission timing of the pulse light source 1.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-267826

(43)公開日 平成6年(1994)9月22日

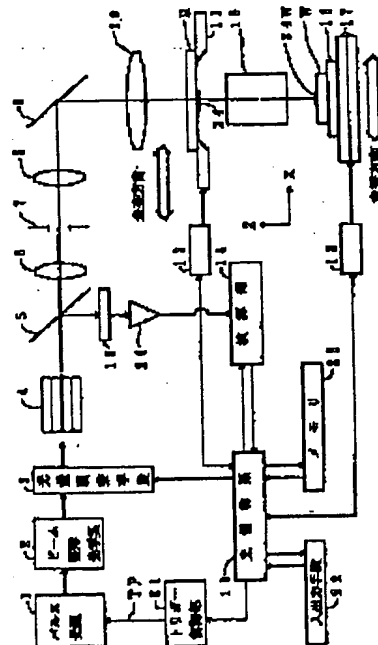
(51)Int. Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 B 27/72	Z	8411-2K		
G 0 3 F 7/20	5 2 1	7316-2H		
G 1 1 B 5/31	M	8947-5D		
		7352-4M		
			H 0 1 L 21/ 30	3 1 1 S
			審査請求 未請求	請求項の数2 OL (全 11 頁)
(21)出願番号	特願平5-53448			
(22)出願日	平成5年(1993)3月15日			
(71)出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番9号			
(72)発明者	鈴木 一明 東京都千代田区丸の内3丁目2番9号 株 式会社ニコン内			
(74)代理人	弁理士 大森 聡			

(54)【発明の名称】 露光制御方法及び装置

(57)【要約】

【目的】 パルス光源を用いてスリットスキャン露光方式でレチクルのパターンを感光基板上に露光する場合には、感光基板への露光量及び照度均一性の制御精度を向上する。

【構成】 パルス光源1からのパルス光で照明光学系(2~10)を介してスリット状の照明領域24を照明し、照明領域24内の像を投影光学系15を介して露光領域24W上に露光する。レチクルR及びウエハWを同期して逆方向に走査することにより、レチクルRのパターンをウエハW上に露光する。パルス光源1に対して一定周波数の発光トリガー信号TPを供給し、パルス光のパルス光量のばらつき及びパルス光源1の発光タイミングのばらつきを考慮して、露光パルス数等を定める。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光の度に所定の範囲内での光量変動及び発光タイミング変動を伴うパルス光を発生するパルス光源からの前記パルス光を所定の照明領域に照射し、前記所定の照明領域に対してマスク及び基板を同期して相対的に走査しつつ前記マスク上のパターンを前記基板上へ露光する際に、前記基板への前記パルス光の積算露光量及び前記基板上での照度均一性を所定の精度内に制御するための露光量制御方法において、前記基板に対する露光の前に予め、前記パルス光源に前記パルス光を複数パルス発光させることにより、前記パルス光のパルスエネルギーの平均値、パルスエネルギーのばらつき及び発光タイミングのばらつきを求める第1工程と、

該第1工程で求められた前記パルスエネルギーのばらつき及び前記発光タイミングのばらつきに基づいて、前記基板への積算露光量及び前記基板上での照度均一性を所定の精度内に制御するために必要な、前記基板上の1点に照射されるべき前記パルス光の最小パルス数を求める第2工程と、

前記パルス光の最小パルス数、前記基板に対する適正な積算露光量及び前記第1工程で求められた前記パルスエネルギーの平均値に基づいて、前記基板上に照射される前記パルス光のパルスエネルギーを一律に調整するための調整度を設定する第3工程と、

前記パルス光源に前記パルス光を発光させるための発光トリガー信号を等時間間隔で送出させて、前記所定の照明領域に対して相対的に前記マスク及び前記基板を走査することにより、前記マスクのパターンを前記基板上に露光する第4工程とを有することを特徴とする露光制御方法。

【請求項2】 発光の度に所定の範囲内での光量変動及び発光タイミング変動を伴うパルス光を外光からの発光トリガー信号に応じて発生するパルス光源と、前記パルス光を所定の照明領域に照射する照明光学系と、前記所定の照明領域に対してマスク及び基板を同期して相対的に走査する走査手段とを有し、前記所定の照明領域に対して前記マスク及び前記基板を相対的に走査して前記マスク上のパターンを前記基板上へ露光する露光装置に設けられ、前記基板への前記パルス光の積算露光量及び前記基板上での照度均一性を所定の精度内に制御するための露光量制御装置において、

前記基板上に照射される前記パルス光毎の実測のパルスエネルギー及び発光タイミングを計測する発光状態モニター手段と、

前記基板に対する露光の前に予め、前記パルス光源に前記パルス光を複数パルス発光させることにより、前記発光状態モニター手段にて計測された結果から前記パルス光のパルスエネルギーの平均値、パルスエネルギーのばらつき及び発光タイミングのばらつきを求める第1演算

手段と、

該第1演算手段により求められた前記パルスエネルギーのばらつき及び前記発光タイミングのばらつきに基づいて、前記基板への積算露光量及び前記基板上での照度均一性を所定の精度内に制御するために必要な、前記基板上の1点に照射されるべき前記パルス光の最小パルス数を求める第2演算手段と、

前記パルス光の最小パルス数、前記基板に対する適正な積算露光量及び前記第1演算手段により求められた前記パルスエネルギーの平均値に基づいて、前記基板上に照射される前記パルス光のパルスエネルギーを所定の調整度で一律に調整する光量調整手段と、

前記所定の照明領域に対して相対的に前記マスク及び前記基板を走査しつつ、前記マスクのパターンを前記基板上に露光する際に、前記パルス光源に対して前記発光トリガー信号を等時間間隔で供給する発光制御手段とを有することを特徴とする露光制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えばパルス光源を露光光源として矩形又は円弧状等の照明領域を照明し、その照明領域に対してマスク及び感光基板を同期して走査することにより、マスク上のパターンを感光基板上に露光する所謂スリットスキャン露光方式の露光装置において、感光基板への露光量及び照度均一性を所定の範囲内に制御する場合に適用して好適な露光制御方法及び露光制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子、液晶表示素子又は薄膜磁気ヘッド等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターンを投影光学系を介して、フォトレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の感光基板上に露光する投影露光装置が使用されている。最近、半導体素子の1個のチップパターン等が大型化する傾向にあり、投影露光装置においては、レチクル上のより大きな面積のパターンを感光基板上に露光する大面積化が求められている。

【0003】また、半導体素子等のパターンが微細化するのに応じて、投影光学系の解像度を向上することも求められているが、投影光学系の解像度を向上するためには、投影光学系の露光フィールドを大きくすることが設計上あるいは製造上難しい問題がある。特に、投影光学系として、反射屈折系を使用するような場合には、無収差の露光フィールドの形状が円弧状の領域となることもある。

【0004】斯かる転写対象パターンの大面積化及び投影光学系の露光フィールドの制限に應えるために、例えば矩形、円弧状又は六角形等の照明領域（これを「スリット状の照明領域」という）に対してレチクル及び感光

基板を同期して走査することにより、レチクル上のそのスリット状の照明領域より広い面積のパターンを感光基板上に露光する所謂スリットスキャン露光方式の投影露光装置が開発されている。一般に投影露光装置においては、感光基板上の感光材に対する適正露光量及び照度均一性の条件が定められているため、スリットスキャン露光方式の投影露光装置においても、感光基板に対する露光量を適正露光量に対して所定の許容範囲内で合致させると共に、ウエハに対する露光量の照度均一性を所定の水準に維持するための露光制御装置が設けられている。

【0005】また、最近では、感光基板上に露光するパターンの解像度を高めることも求められているが、解像度を高めるための一つの手法が露光量の短波長化である。これに関して、現在使用できる光源の中で、発光される光の波長が短いものは、エキシマレーザ光源、金属蒸気レーザ光源等のパルス発振型のレーザ光源（パルス光源）である。しかしながら、水銀ランプ等の連続発光型の光源と異なり、パルス光源では発光されるパルス光の露光エネルギー（パルス光量）が、パルス発光毎に所定の範囲内ではらつくという特性がある。

【0006】従って、パルス光源からのパルス光の平均パルス光量を $\langle p \rangle$ 、そのパルス光のパルス光量のばらつきの範囲を Δp として、従来の露光制御装置では、そのパルス光量のばらつきを表すパラメータ $\Delta p / \langle p \rangle$ が正規分布をしている（ランダムである）としていた。そして、パルス光によるスリット状の照明領域と共役な露光領域に対して相対的に走査される感光基板上の或る領域（これを「パルス数積算領域」という）に照射されるパルス光の数を N とすると、露光終了後の積算露光量のばらつきが $(\Delta p / \langle p \rangle) / N^{1/2}$ になることを利用して、その積算露光量が所定の許容範囲内で適正露光量に達するように制御していた。

【0007】また、パルス光源を用いてスリットスキャン露光方式で露光を行う場合には、如何にパルス光源の発光のタイミングを設定するかが問題となる。これに関して従来は、感光基板を走査するための基板側ステージの変位計測用の測長装置（例えばレーザ干渉計）の測長出力を利用して、レチクルと感光基板とを同期して走査するときに基板側ステージが所定間隔移動する毎にパルス光源に発光トリガー信号を送出していた。従って、従来のパルス光源は、測長装置の測長出力に同期して発光していたと言える。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記の如き従来の技術においては、パルス光源から出力されるパルス光のパルス光量のばらつきは考慮されていたが、パルス光源に発光トリガー信号を送出してからそのパルス光源が実際に発光するまでの時間のばらつきである発光タイミングのばらつきについては考慮されていなかった。しかしながら、本発明者により、パルス光源の発光タイミングのば

らつきが、露光量や照度均一性の制御精度に影響を与えることが分かった。

【0009】また、一般に測長装置（レーザ干渉計等）においては、実際に測長を行ってから測長結果を出力するまでの時間のばらつきがある。このような測長結果の読み出しタイミングのばらつきに、上述のパルス光源の発光タイミングのばらつきが加えられるため、従来のように測長装置の測長出力に同期してパルス光源を発光させていたのでは、露光量及び照度均一性の制御精度を許容範囲内に維持できないという不都合があった。

【0010】本発明は斯かる点に鑑み、パルス光源を用いてスリットスキャン露光方式でレチクルのパターンを感光基板上に露光する場合に、感光基板への露光量及び照度均一性の制御精度を向上できる露光制御方法を提供することを目的とする。更に本発明は、そのような露光方法を実施できる露光制御装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による露光制御方法は、例えば図1及び図2に示す如く、発光の度に所定の範囲内での光量変動及び発光タイミング変動を伴うパルス光を発生するパルス光源（1）からのパルス光を所定の照明領域（24）に照射し、所定の照明領域（24）に対してマスク（R）及び基板（W）を同期して相対的に走査しつつマスク（R）上のパターンを基板（W）上へ露光する際に、基板（W）へのそのパルス光の積算露光量及び基板（W）上での照度均一性を所定の精度内に制御するための露光量制御方法において、基板（W）に対する露光の前に予め、パルス光源（1）にそのパルス光を複数パルス発光させることにより、そのパルス光のパルスエネルギー（パルス光量）の平均値、パルスエネルギーのばらつき及び発光タイミングのばらつきを求める第1工程（ステップ102～104）を有する。

【0012】更に本発明は、その第1工程で求められたそのパルスエネルギーのばらつき及びその発光タイミングのばらつきに基づいて、基板（W）への積算露光量及び基板（W）上での照度均一性を所定の精度内に制御するために必要な、基板（W）上の1点に照射されるべきそのパルス光の最小パルス数を求める第2工程（ステップ106）と、そのパルス光の最小パルス数、基板（W）に対する適正な積算露光量及びその第1工程で求められたそのパルスエネルギーの平均値に基づいて、基板（W）上に照射されるそのパルス光のパルスエネルギーを一律に調整するための調整度を設定する第3工程（ステップ108、109）と、パルス光源（1）にそのパルス光を発光させるための発光トリガー信号を等時間間隔で送出させて、所定の照明領域（24）に対して相対的にマスク（R）及び基板（W）を走査することにより、マスク（R）のパターンを基板（W）上に露光す

る第4工程(ステップ110~113)とを有するものである。

【0013】また、本発明による露光制御装置は、例えば図1に示す如く、発光の度に所定の範囲内の光量変動及び発光タイミング変動を伴うパルス光を外部的からの発光トリガー信号(TP)に応じて発生するパルス光源(1)と、そのパルス光を所定の照明領域(24)に照射する照明光学系(2~10)と、所定の照明領域(24)に対してマスク(R)及び基板(W)を同期して相対的に走査する走査手段(11, 12, 17, 18)とを有し、所定の照明領域(24)に対してマスク(R)及び基板(W)を相対的に走査してマスク(R)上のパターンを基板(W)上へ露光する露光装置に設けられ、基板(W)へのそのパルス光の積算露光量及び基板(W)上での照度均一性を所定の精度内に制御するための露光量制御装置において、基板(W)上に照射されるそのパルス光毎の実際のパルスエネルギー及び発光タイミングを計測する発光状態モニター手段(19, 20)と、基板(W)に対する露光の前に予め、パルス光源(1)にそのパルス光を複数パルス発光させることにより、その発光状態モニター手段にて計測された結果からそのパルス光のパルスエネルギーの平均値、パルスエネルギーのばらつき及び発光タイミングのばらつきを求める第1演算手段(14)とを有する。

【0014】更に本発明は、この第1演算手段により求められたそのパルスエネルギーのばらつき及びその発光タイミングのばらつきに基づいて、基板(W)への積算露光量及び基板(W)上での照度均一性を所定の精度内に制御するために必要な、基板(W)上の1点に照射されるべきそのパルス光の最小パルス数を求める第2演算手段(14)と、そのパルス光の最小パルス数、基板(W)に対する適正な積算露光量及びその第1演算手段により求められたそのパルスエネルギーの平均値に基づいて、基板(W)上に照射されるそのパルス光のパルスエネルギーを所定の調整度で一律に調整する光量調整手段(3, 13)と、所定の照明領域(24)に対して相対的にマスク(R)及び基板(W)を走査しつつ、マスク(R)のパターンを基板(W)上に露光する際に、パルス光源(1)に対して発光トリガー信号(TP)を等時間間隔で供給する発光制御手段(13, 21)とを有するものである。

【0015】

【作用】斯かる本発明の露光制御方法によれば、先ず予めパルスエネルギーのばらつきと共に、パルス光源(1)への発光トリガーの送出から実際の発光までの時間ばらつき(発光タイミングのばらつき)を実測することにより、基板(W)への積算露光量及び照度均一性を所定の精度で制御するのに必要な最小の露光パルス数を決定するようにしている。その後、マスク(R)用の走査手段に備えられた測長手段又は基板(W)用の走査手

段に備えられた測長手段の測長出力の読み出しのタイミングのばらつきの影響を除去するため、露光時のマスク(R)及び基板(W)の走査速度を一定とし、パルス光源(1)への発光トリガーを等時間間隔に送出するようにしている。

【0016】即ち、パルスエネルギーのばらつきのみならず、パルス光源(1)の発光タイミングのばらつきも考慮に入れて露光量制御を行っているので、露光量制御及び照度均一性の制御の精度が向上する。また、測長手段の信号処理時間のばらつきに影響されないため、露光量制御及び照度均一性の制御の精度がより向上する。また、本発明の露光制御装置によれば、上述の露光制御方法が実施できる。

【0017】

【実施例】以下、本発明の一実施例につき図面を参照して説明する。本実施例は、光源としてエキシマレーザ光源等のパルス発振型の露光光源を有するスリットスキャン露光方式の投影露光装置に本発明を適用したものである。図1は本実施例の投影露光装置を示し、この図1において、パルス発振型のパルス光源1から射出されたレーザビームは、シリンダーレンズやビームエキスパンダー等で構成されるビーム整形光学系2により、後続のフライアイレンズ4に効率よく入射するようにビームの断面形状が整形される。ビーム整形光学系2から射出されたレーザビームは光量調整手段3に入射する。光量調整手段3は透過率の粗調整と微調整とを有するものとする。光量調整手段3から射出されたレーザビームはフライアイレンズ4に入射する。フライアイレンズ4は、後続の視野絞り7及びレチクルRを均一な照度で照明するためのものである。

【0018】フライアイレンズ4から射出されるレーザビームは、反射率が小さく透過率の大きなビームスプリッター5に入射し、ビームスプリッター5を通過したレーザビームは、第1リレーレンズ6により視野絞り7上を均一な照度で照明する。本実施例の視野絞り7の開口部の形状は長方形である。視野絞り7を通過したレーザビームは、第2リレーレンズ8、折り曲げミラー9及びメインコンデンサーレンズ10を経て、レチクルステージ11上のレチクルRを均一な照度で照明する。視野絞り7とレチクルRのパターン形成面及びウエハWの露光面とは共役であり、視野絞り7の開口部と共役なレチクルR上の長方形のスリット状の照明領域24にレーザビームが照射される。視野絞り7の開口部の形状を駆動部(図示省略)を介して変化させることにより、そのスリット状の照明領域24の形状を調整することができる。

【0019】レチクルR上のスリット状の照明領域24内のパターン像が投影光学系15を介してウエハW上に投影露光される。スリット状の照明領域24と投影光学系15に関して共役な領域を露光領域24Wとする。そして、投影光学系15の光軸に平行にZ軸をとり、その

光軸に垂直な平面内でスリット状の照明領域24に対するレチクルRの走査方向をX方向とすると、レチクルステージ11はレチクルステージ駆動部12によりX方向に走査される。レチクルステージ駆動部12は、装置全体の動作を制御する主制御系13により制御されている。また、レチクルステージ駆動部12には、レチクルステージ11のX方向の座標を検出するための測長装置（レーザ干渉計等）が組み込まれ、これにより計測されたレチクルステージ11のX座標が主制御系13に供給されている。

【0020】一方、ウエハWはウエハホルダー16を介して、少なくともX方向（図1では左右方向）に走査可能なXYステージ17上に載置されている。図示省略するも、XYステージ17とウエハホルダー16との間には、ウエハWをZ方向に位置決めするZステージ等が装備されている。スリットスキャン露光時には、レチクルRが+X方向（又は-X方向）に走査されるのに同期して、XYステージ17を介してウエハWは露光領域24Wに対して-X方向（又はX方向）に走査される。主制御系13がウエハステージ駆動部18を介してそのXYステージ17の動作を制御する。ウエハステージ駆動部18には、XYステージ17のX方向及びY方向の座標を検出するための測長装置（レーザ干渉計等）が組み込まれ、これにより計測されたXYステージ17のX座標及びY座標が主制御系13に供給されている。

【0021】また、ビームスプリッター5で反射されたレーザビームは、光電変換素子よりなる露光量モニター19で受光され、露光量モニター19の光電変換信号が増幅器20を介して演算部14に供給される。露光量モニター19の光電変換信号と、ウエハWの露光面上でのパルス露光光の照度との関係は予め求められている。即ち、露光量モニター19の光電変換信号は予め校正されている。

【0022】演算部14は、露光モニター19の光電変換信号より、パルス光源1から出力されるパルス光のパルス光量のばらつきのみならず、各パルス光の発光タイミングをも計測する。これらパルス光量のばらつき及び発光タイミングのばらつきは主制御系13に供給される。また、露光時には演算部14は、各パルス光毎の光電変換信号を積算して、ウエハWへの積算露光量を求めて主制御系13へ供給する。

【0023】主制御系13は、トリガー制御部21を介してパルス光源1に発光トリガー信号TPを供給することにより、パルス光源1の発光のタイミングを制御する。また、トリガー制御部21からパルス光源1に発光トリガー信号TPを送出したタイミングと、演算部14で検出される受光タイミングとより、演算部14は、パルス光源1に発光トリガーが供給されてから、実際にパルス光源1が発光するまでの時間のばらつき、即ちパルス光源1の発光タイミングのばらつきを求めることがで

きる。また、主制御系13は、必要に応じてパルス光源1の出力パワーを調整するか、又は光量調整手段3における透過率を調整する。オペレータは入出力手段22を介して主制御系13にレチクルRのパターン情報等を入力することができると共に、主制御系13には各種情報を蓄積できるメモリ23が備えられている。

【0024】次に、図2のフローチャートを参照して本例でレチクルRのパターンをウエハW上に露光する場合の動作の一例につき説明する。先ず、図2のステップ101において、オペレータは入出力手段22を介して主制御系13に、ウエハ面での所望の露光量 S (mJ/cm^2)を設定する。次にステップ102において、主制御系13は、トリガー制御部21にダミー発光の指示を与える。すると、ウエハWが露光されない場所（露光領域24Wの外の領域）に退避した状態で、パルス光源1の試験的な発光（ダミー発光）が行われる。ダミー発光では例えば100パルス程度のパルス光が発光され、露光量モニター19にて検出される光電変換信号から分かるパルス光量の分布及び発光タイミングの分布は、図3に示すように共にほぼ正規分布形となる。

【0025】図3(a)はそのダミー発光により測定される各パルス光のパルス光量 p （ウエハの露光面上に換算した量）の値 (mJ/cm^2) の分布を示し、図3(b)はそのダミー発光により測定されるパルス光源1の発光タイミング δ (sec) の分布を示す。そして、ステップ103において演算部14は、図3(a)に示すパルス光量 p の分布データから、ウエハの露光面上での平均パルス光量 $\langle p \rangle$ ($\text{mJ}/\text{cm}^2 \cdot \text{pulse}$) を求め、図3(b)に示す発光タイミング δ の分布データから、発光タイミングのばらつきの平均値 $\langle \delta \rangle$ を求める。

【0026】その後ステップ104において演算部14は、図3(a)に示すパルス光量 p の分布データから、標準偏差の3倍 (3σ) でのパルス光量の偏差 Δp を求め、図3(b)に示す発光タイミング δ の分布データから、標準偏差の3倍での発光タイミングの偏差 $\Delta \delta$ を求める。そして、演算部14は、パルス光量のばらつき ($\Delta p / \langle p \rangle$) 及び発光タイミングのばらつき ($\Delta \delta / \langle \delta \rangle$) を算出する。

【0027】次に、ステップ105において、入出力手段22を介して指定された所望の露光量 S (mJ/cm^2) が主制御系13から演算部14に送出され、演算部14は、その所望の露光量 S 及びステップ103で算出した平均パルス光量 $\langle p \rangle$ を用いて次式より露光パルス数 N を算出する。

【0028】

【数1】

$$N = \text{int}(S / \langle p \rangle)$$

【0029】ここで、 $\text{int}(A)$ は、実数 A の小数点以下を切り捨てて得られた整数を表している。また、 M

モリ23から主制御系13を経て演算部14に、ウエハ面上でのスリット状の露光領域24Wの走査方向の幅D (cm)、パルス光源1の発振周波数f (Hz)の情報が送られ、演算部14は、(数1)により求めた露光パルス数N、幅D及び周波数fを用いて次式よりウエハ面上での走査速度v (cm/sec)を求める。

【0030】

【数2】

$$v = \frac{D \cdot f}{N}$$

【0031】その後ステップ106において、演算部14は、ウエハWの露光面での積算露光量及び照度均一性を所定の精度内に制御するために必要な最小の露光パルス数Nminを算出するが、その演算式については後で詳細に説明する。露光パルス数N及び最小の露光パルス数Nminは主制御系13に供給される。

【0032】次に、ステップ107において、主制御系13は露光パルス数Nと最小の露光パルス数Nminとを比較し、(N < Nmin)の場合にはステップ108に移行して、主制御系13は図1の光量調整手段3の透過率を粗く低下させる(粗調する)。その後ステップ102～107までを繰り返して、再び露光パルス数Nと最小の露光パルス数Nminとを比較する。従って、最終的に(N ≥ Nmin)となるように光量調整手段3の透過率が設定される。透過率を粗調する手段の一例としては、本出願人による特開昭63-316430号公報や特開平1-257327号公報に開示されているような、ターゲット板に複数の透過率をもつNDフィルタを装着した装置等がある。

【0033】次に、ステップ107で(N ≥ Nmin)となった場合は、ステップ109に移行してパルス光の光量の微調整を行う。即ち、(数1)式においてS/⟨p⟩が整数となるように、平均パルス光量⟨p⟩の微調整を行う。この際に、ステップ105において(数1)より求めた露光パルス数Nに従って走査速度vも定めたので、露光パルス数Nの値を変えないように、即ち平均パルス光量⟨p⟩を少しでも大きくする方向で、パルス光量の微調整を行うのが望ましい。逆に、パルス光量の微調整により、平均パルス光量⟨p⟩が僅かに小さくなることによって、露光パルス数Nが(N+1)となってしまうときには、走査速度vを改めて(数2)に従って求め直してやればよい。

【0034】パルス光のエネルギーを微調整するための光量微調手段の一例としては、本出願人による特開平2-135723号公報に開示されているように、パルス光の光路に沿って配置されると共に同一ピッチでライン・アンド・スペースパターンが形成された2枚の格子と、これら2枚の格子を僅かに横ずれさせる機構とからなる手段等が挙げられる。2枚の格子を使用する場合、第1の格子の明部と第2の格子の明部とが重なった領域

のパルス光がウエハW側に照射されるため、それら2枚の格子の相対的な横ずれ量を調整することにより、ウエハW側に照射されるパルス光量を微調整することができる。

【0035】その後、ステップ110において、主制御系13は、レチクルステージ11及びウエハ側のXYステージ17を介してレチクルR及びウエハWの走査を開始させる。図1において、例えばレチクルRがX方向に走査されるときには、ウエハWは-Y方向に走査される。また、本例では、レチクルR及びウエハWの走査速度(ウエハWの露光面での換算値)vは(数2)により定められているが、走査開始後にウエハ側のXYステージ17の走査速度がその走査速度vに達するまでの整定時間をT0とする。

【0036】更に、走査開始時に時間tを0にリセットして、パラメータjを0にリセットした後、ステップ111に示すように、主制御系13は、時間tが(T0 + jΔT)になったときに、トリガー制御部21を介してパルス光源1に発光トリガー信号TPをオン(ハイレベル“1”のパルス)にする。これに応じて、パルス光源1では1個のパルス光を発生し、レチクルRのパターンがウエハW上に露光される。

【0037】図5は本例の発光トリガー信号TPを示し、この図5に示すように、発光トリガー信号TPは時間tがT0に達した時点から一定周期ΔTでオンにされる。従って、パルス光源1は一定の周期ΔTで発光することになり、パルス光源1の発振周波数fは1/ΔTで表される。その発振周波数fは予めメモリ23に記憶されている値である。その後、ステップ112でパラメータjに1を加算して、ステップ113でパラメータjが整数NTに達していない場合には、ステップ111でパルス光源1の発光を行うことにより、パルス光源1ではNT個のパルス光の発光が一定の周波数fで(一定の周期ΔTで)行われる。

【0038】図1において、ウエハW上の1個のショット領域の走査方向(X方向)の幅をL1、露光領域24Wの走査方向の幅をDとすると、パルス光源1の発光の1周期でウエハWが走査される距離はv/fであるため、パルス光の発光数NTの最小値は次のようになる。

$$NT = (L1 + D) / (v / f) \\ = (L1 + D) f / v$$

実際には走査の開始時及び終了時に所定数のパルス光が付加される。そして、ステップ113において、発光されたパルス数がNTに達したときに、ステップ114に移行して主制御系13はレチクルR及びウエハWの走査及び露光を終了する。これにより、レチクルR上の1ショット分の全パターンがウエハW上の1つのショット領域に露光される。この場合、本例ではパルス光源1の発光はレチクルステージ11のX座標及びウエハ側のXYステージ17のX座標とは関係なく、一定の周波数で行

われる。但し、レチクルステージ11及びXYステージ17はそれぞれ一定速度で走査されている。そのため、本例ではレチクルステージ11のX座標の計測に要する時間又はウエハ側のXYステージ17のX座標の計測に要する時間がばらついても、パルス光源1の発振周波数は影響されることがなく、ウエハWに対する積算露光量及び照度均一性は所望の精度内に維持される。

【0039】次に、図2のステップ106において最小の露光パルス数 N_{min} を算出する方法について詳述する。まず、図1の視野絞り7により形成される照明視野（照明領域24）及びウエハW上の露光領域24Wの走査方向の断面に沿う照度分布は、それぞれ理想的には長

方形である。しかしながら、実際には視野絞り7の設置誤差や光学系の収差等により、その照度分布は図4に示すような台形状となってしまふ。

【0040】図4は、ウエハW上の走査方向の位置Xにおける各パルス光毎の照度分布を位置Xの関数 p で表したものである。例えば、視野絞り7の開口内の1点から射出され光が、ウエハW上で半径 ΔD の円形領域に均様な照度でまげるとすると、台形状の照度分布のスロープ部は、次式のような変数 $(X/\Delta D)$ の関数となることが容易に証明される。

【0041】

【数3】

$$p(X/\Delta D) = \frac{1}{\pi} \left\{ \arccos\left(\frac{X}{\Delta D}\right) - \left(\frac{X}{\Delta D}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{X}{\Delta D}\right)^2} \right\},$$

$$(-1 \leq \frac{X}{\Delta D} \leq +1)$$

【0042】図4にはこのような僅かなボケをもつ断面に沿う照度分布を、各パルス光毎に分布曲線25A、25B、25Cで示す。実際には露光領域24Wの走査方向の幅は数mmであり、照度のぼけの幅 ΔD は数10～数 μm 程度であるので、図4の断面に沿う照度分布はほぼ長方形の分布である。分布曲線25A、25B、25Cのピーク値はそれぞれ p_1, p_2, p_3 であり、分布曲線25A、25B、25Cにおいて、それぞれ値がピーク値の1/2になる位置の走査方向の幅は共通に D となっている。この幅 D を露光領域24Wの走査方向の幅と考えることができる。

【0043】また、図4において、パルス光量のばらつきにより1パルス目（分布曲線25A）、2パルス目（分布曲線25B）、3パルス目（分布曲線25C）のピーク光量はそれぞれ変化しており、また発光タイミングのばらつきにより各パルス光の発光間隔も一定ではなくなっている。ここで、1パルス目の分布曲線25Aの両側のスロープ部において、それぞれ値がピーク値の1/2以下の領域（幅 ΔD_1 及び ΔD_2 の領域）に対し、

2パルス目以降重ねて露光されるパルス数を N_1 及び N_2 とおけば、次式が成立する。

【0044】

【数4】

$$N_1 = \text{int} \left(\frac{\Delta D_1}{D} \cdot N \right),$$

$$N_2 = \text{int} \left(\frac{\Delta D_2}{D} \cdot N \right)$$

【0045】即ち、幅 D の露光領域を走査する間に露光されるパルス数が N （数1）で表される）であるため、幅 ΔD_1 及び ΔD_2 の領域にはそれぞれの幅に比例するだけの数のパルス光が露光される。このとき、走査露光後の露光量及び照度均一性の精度 A は次式にて表現される。例えば精度が1%であれば、 A は0.01である。

【0046】

【数5】

$$A = + \sqrt{1 - \frac{N_1 + N_2 + 1}{2N} + \left(\frac{D}{2N \Delta D_1}\right)^2 \frac{N_1}{8N} (N_1 + D) (2N + D) + \left(\frac{D}{2N \Delta D_2}\right)^2 \frac{N_2}{8N} (N_2 + D) (2N + D)}$$

$$\times \frac{1}{N} \left(\frac{\Delta p}{\langle p \rangle} \right)$$

$$+ \sqrt{\frac{2N+1}{(2\Delta D)^2} + \frac{2N+1}{(2\Delta D)^2}} \sqrt{\left(\frac{\Delta p}{\langle p \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \delta}{\langle \delta \rangle}\right)^2 \frac{|X|}{N}}$$

$$+ \left| \frac{2N+1}{2\Delta D_1} - \frac{2N+1}{2\Delta D_2} \right| \frac{|X|}{N}, \quad \left(-\frac{D}{N} \leq X \leq +\frac{D}{N}\right)$$

【0047】（数5）の右辺の第1項はパルス光量のばらつきにより発生する項、第2項はパルス光量のばらつき

きと発光タイミングのばらつきとにより発生する項、第3項は露光領域24Wのばけの非対称性により生ずる照度均一性の劣化を表す項である。(数5)の右辺中で、幅D、幅 $\Delta D1$ 、幅 $\Delta D2$ はそれぞれ装置定数としてメモリ23に格納されている。なお、本実施例とは異なるが、それらの幅D、幅 $\Delta D1$ 、幅 $\Delta D2$ の計測機能を露光装置が備えていても良い。また、 $(\Delta p / \langle p \rangle)$ 及び $(\Delta \delta / \langle \delta \rangle)$ はステップ104に示したように実測により求められる。従って、所望の精度Aを(数5)に代入して、Nについて解くことにより、その所望の精度Aを得るために必要な最小の露光パルス数Nminが求められる。

【0048】なお、上述の実施例では、パルス光源1の有する空間的コヒーレンスの影響のために発生する干渉縞や、不規則な照明むら(スペックル)を低減するための制御手段についての説明は省略していた。一般にエキシマレーザは空間的コヒーレンスが良好であるため、エキシマレーザ光源を用いる露光装置では干渉縞低減手段を備え、複数パルスの露光により干渉縞低減を行いつつ露光量制御を行っている(例えば特開平1-257327号公報参照)。この場合には、干渉縞低減に必要な最小露光パルス数と、(数4)及び(数5)から求める最小の露光パルス数Nminとの大きい方をNminと定めればよい。

【0049】また、上述の実施例では露光量モニター19を照明光学系中に設置しているが、その露光量モニター19をウエハステージ(16, 17)上のセンサーで代用しても良い。但し、このようにウエハステージ上に設けられたセンサーは、パルス光源1のダミー発光中のみ使用可能であり、実際にウエハWへ露光しているときには別の露光量モニターが必要となる。

【0050】また、本実施例ではスリット状の照明領域を長方形としたが、六角形、菱形又は円弧状等の照明領域であっても、同様に本発明を適用できることは言うまでもない。更に、図1における投影光学系15は、屈折式でも反射式でも反射屈折式でも構わない。そして、パルス光源1としてはレーザ光源に限らず、プラズマX線源やシンクロトロン放射装置(SOR)等でも構わない。更に、本発明は投影露光装置のみならず、コンタクト方式やプロキシティ方式の露光装置でも有効であるこ

とは言うまでもない。

【0051】このように本発明は上述実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0052】

【発明の効果】本発明によれば、パルス光源の持つパルスエネルギーのばらつきのみならず、発光タイミングのばらつきをも考慮に入れて露光量制御を行うので、露光量及び照度均一性の制御精度が向上する利点がある。また、パルス光源の発光トリガを一定周期でそのパルス光源に供給し、露光時のマスクと感光基板との走査速度も一定としているので、レーザ干渉計等の測長装置からの測長結果の読み出しタイミングのばらつきの影響が軽減され、露光量及び照度均一性の制御精度が更に向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例のスリットスキャン露光方式の投影露光装置を示す構成図である。

【図2】その実施例における露光動作の一例を示すフローチャートである。

【図3】(a)は実施例におけるパルス光量の分布状態を示す図、(b)は実施例における発光タイミングの分布状態を示す図である。

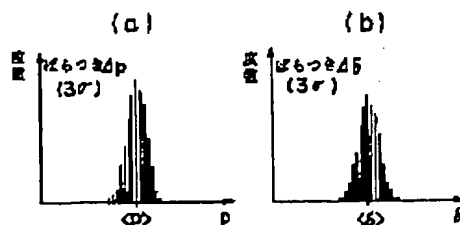
【図4】実施例のウエハの露光面上でのパルス光による照度分布を示す図である。

【図5】実施例のパルス光源に供給される発光トリガパルスを示すタイミングチャートである。

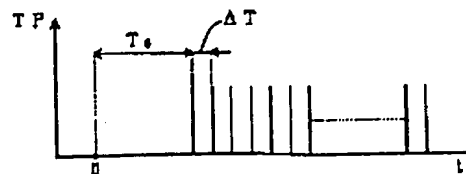
【符号の説明】

- 1 パルス光源
- 3 光量調整手段
- 7 視野絞り
- R レチクル
- W ウエハ
- 11 レチクルステージ
- 13 主制御系
- 14 演算部
- 15 投影光学系
- 17 XYステージ
- 19 露光量モニター
- 21 トリガ制御部

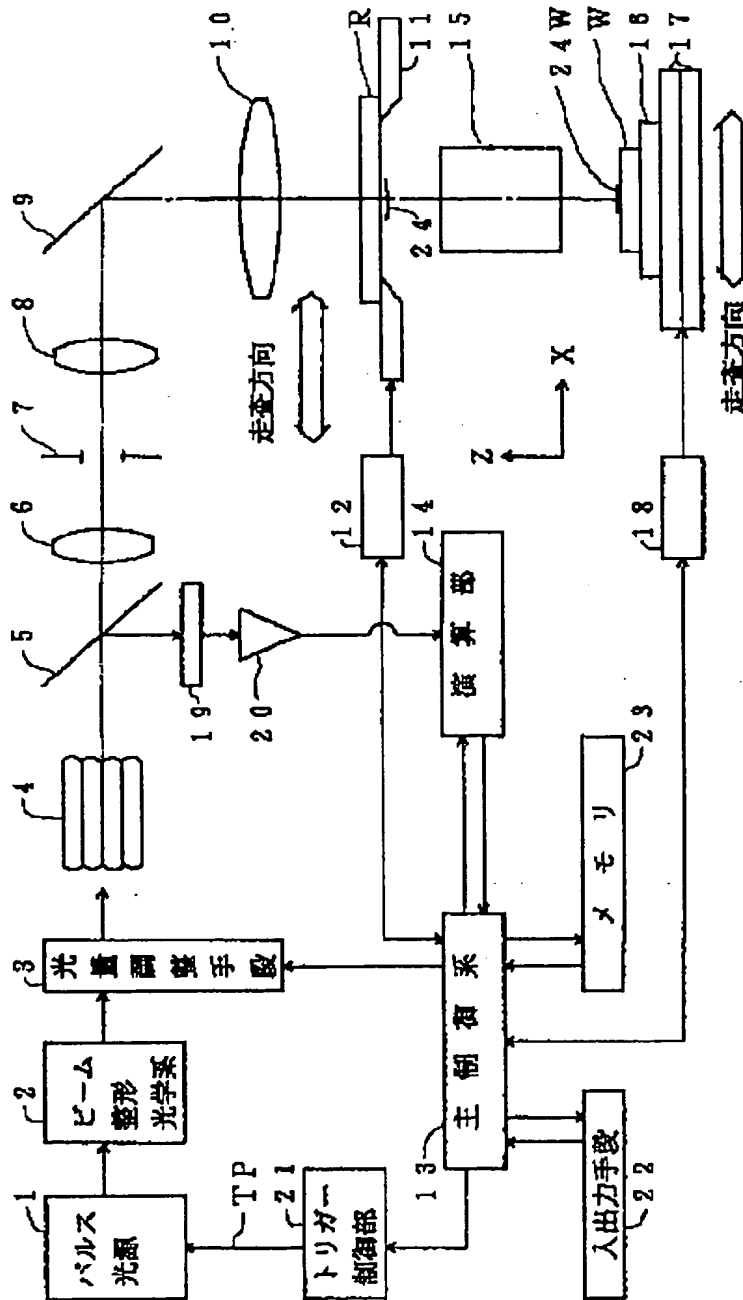
【図3】



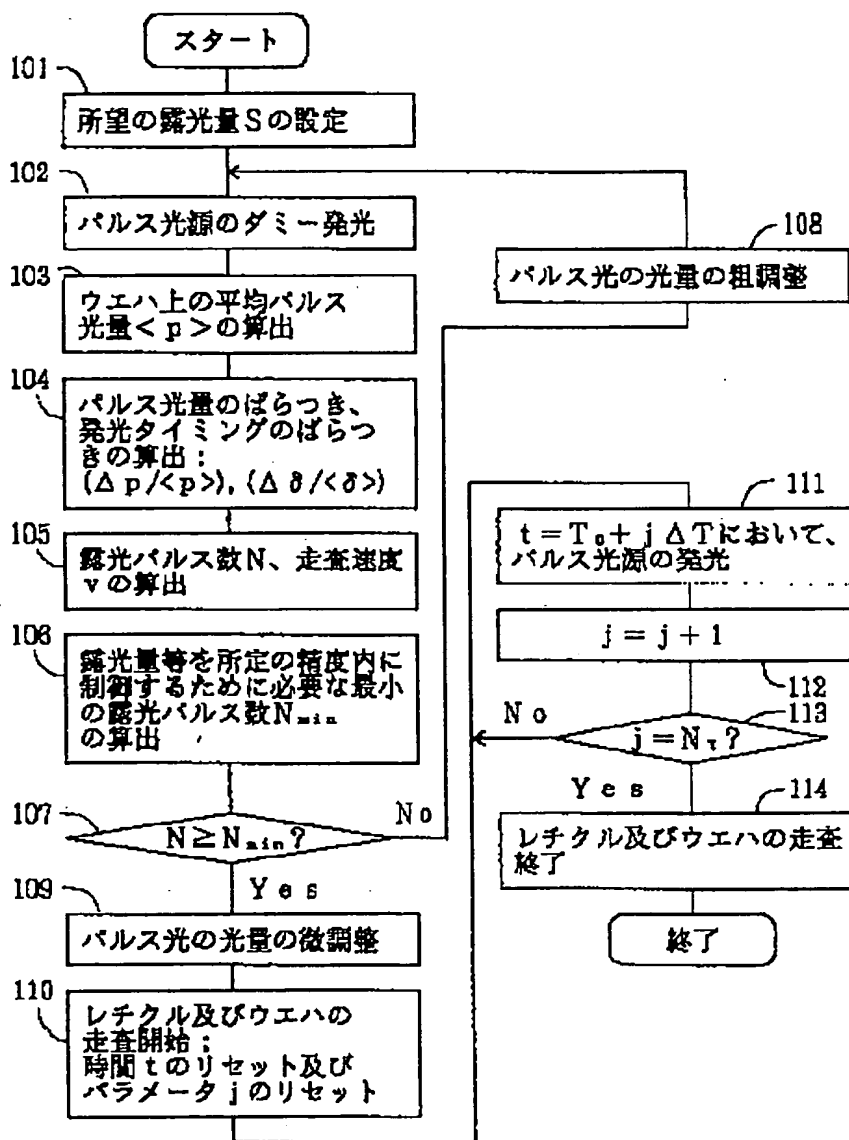
【図5】



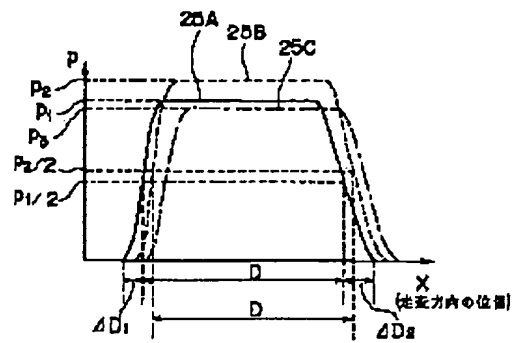
【図1】



【図2】



【図4】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] By illuminating a rectangle or the lighting field of circular ** by using for example, the source of pulsed light as the exposure light source, and scanning a mask and a sensitization substrate synchronously to the lighting field, in the so-called aligner of the slit scan exposure method which exposes the pattern on a mask on a sensitization substrate, this invention is applied when controlling the light exposure to a sensitization substrate, and illuminance homogeneity within the limits of predetermined, and it relates to the suitable exposure control method and an exposure control unit.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, in case a semiconductor device, a liquid crystal display element, or the thin film magnetic head is manufactured using photo lithography technology, the projection aligner exposed on sensitization substrates, such as a wafer with which the pattern of a photo mask or a reticle (it is hereafter named a "reticle" generically) was applied to the photoresist etc. through the projection optical system, or a glass plate, is used. One chip pattern of a semiconductor device etc. tends to be enlarged recently, and large area-ization which exposes the pattern of a bigger area than a reticle top's on a sensitization substrate is called for in the projection aligner.

[0003] Moreover, although improving the resolution of a projection optical system according to patterns, such as a semiconductor device, making it detailed is also called for, in order to improve the resolution of a projection optical system, the difficult problem has enlarged the exposure field of a projection optical system on a design or manufacture. Especially, as a projection optical system, in using a reflective refraction system, it is also with a field and a bird clapper with the circular configuration of the exposure field of non-aberration.

[0004] In order to respond to large-area-izing of this imprint object pattern, and a limit of the exposure field of a projection optical system, the rectangle and the projection aligner of the so-called slit scan exposure method which exposes the pattern of latus area on a sensitization substrate from the lighting field of the shape of the slit on a reticle circular or by scanning a reticle and a sensitization substrate synchronously to lighting fields (this being called "slit-like lighting field"), such as six square shapes, are developed. Generally, since the proper light exposure and the conditions of illuminance homogeneity over the sensitization material on a sensitization substrate are defined in the projection aligner, while being in predetermined tolerance and making the light exposure to a sensitization substrate agree to proper light exposure also in the projection aligner of a slit scan exposure method, the exposure control unit for maintaining the illuminance homogeneity of the exposure light to a wafer to the predetermined level is formed.

[0005] moreover, one technique for raising resolution, although raising the resolution of the pattern exposed on a sensitization substrate recently is also called for -- exposure light -- short wavelength -- it is-izing It is the pulse oscillation type laser light source (source of pulsed light) of an excimer laser, the metal-vapor-laser light source, etc. which has the wavelength of the light which emits light short in the light source which can be used about this now. However, unlike the continuation luminescence type light source of a mercury lamp etc., in the source of pulsed light, there is a property that the exposure energy (the amount of pulsed light) of the pulsed light which emits light varies within the limits of predetermined for every pulse luminescence.

[0006] Therefore, it was supposed that parameter Δp which expresses dispersion in the amount of pulsed light with the conventional exposure control unit is carrying out the normal distribution, using the range of dispersion in $\langle p \rangle$ and the amount of pulsed light of the pulsed light as Δp for the amount of average pulsed light of the pulsed light from the source of pulsed light (it is random). And if the number of the pulsed light irradiated by the lighting field of the shape of a slit by pulsed light and a certain field on the sensitization substrate relatively scanned to a conjugate exposure field (this is called "pulse-number addition field") is set to N Dispersion in the addition light exposure after an exposure end is $(\Delta p / \langle p \rangle) / N^{1/2}$. Using the bird clapper, the addition light exposure is in predetermined tolerance, and it was controlling to reach proper light exposure.

[0007] Moreover, in exposing by the slit scan exposure method using the source of pulsed light, how the timing of luminescence of the source of pulsed light is set up poses a problem. When scanning a reticle and a sensitization substrate synchronously using the length measurement output of the length measurement equipment for displacement measurement of the substrate side stage for conventionally scanning a sensitization substrate about this (for example, laser interferometer), whenever the substrate side stage carried out predetermined interval movement, the luminescence trigger signal was sent out to the source of pulsed light. Therefore, it can be said that the conventional source of pulsed light was emitting light synchronizing with the length measurement output of length measurement equipment.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] in the Prior art like the above, although dispersion in the amount of pulsed light of the pulsed light outputted from the source of pulsed light was taken into consideration, if attached to dispersion in the luminescence timing which is dispersion in time after sending out a luminescence trigger signal to the source of pulsed light until the source of pulsed light actually emits light, it was not taken into consideration. However, this invention person showed that dispersion in the luminescence timing of the source of pulsed light affected light exposure and the control precision of illuminance homogeneity.

[0009] Moreover, generally in length measurement equipments (laser interferometer etc.), there is dispersion in time after actually measuring the length until it outputs a length measurement result. Since dispersion in the luminescence timing of the above-mentioned source of pulsed light was added to dispersion in such read-out timing of a length measurement result, in having made the source of pulsed light emit light like before synchronizing with the length measurement output of length measurement equipment, there was un-arranging [that light exposure and the control precision of illuminance homogeneity were unmaintainable in tolerance].

[0010] this invention aims at offering the exposure control method which can improve the light exposure to a sensitization substrate, and the control precision of illuminance homogeneity, when exposing the pattern of a reticle on a sensitization substrate by the slit scan exposure method in view of this point using the source of pulsed light. Furthermore, this invention aims at offering the exposure control unit which can enforce such an exposure method.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The exposure control method by this invention irradiates the pulsed light from the source of pulsed light (1) which generates the pulsed light accompanied by the predetermined quantity of light change and predetermined luminescence timing change in within the limits in the degree of luminescence to a predetermined lighting field (24), as shown in drawing 1 and drawing 2 . In case the pattern on a mask (R) is exposed to up to a substrate (W), scanning a mask (R) and a substrate (W) relatively synchronously to a predetermined lighting field (24) In the light exposure control method for controlling the addition light exposure of the pulsed light to a substrate (W), and the illuminance homogeneity on a substrate (W) in a predetermined precision In the source of pulsed light (1) beforehand before the exposure to a substrate (W) by carrying out two or more pulse luminescence of the pulsed light It has the 1st process (Steps 102-104) which searches for the average of the pulse energy (the amount of pulsed light) of the pulsed light, dispersion of a pulse energy, and dispersion of luminescence timing.

[0012] Furthermore, this invention is based on dispersion of the pulse energy called for at the 1st process, and dispersion of the luminescence timing. The 2nd process which asks for the minimum pulse number of the pulsed light which should be irradiated by one [required in order to control the addition light exposure to a substrate (W), and the illuminance homogeneity on a substrate (W) in a predetermined precision] on a substrate (W) (Step 106), It is based on the average of the pulse energy called for at the proper addition light exposure to the minimum pulse number of the pulsed light, and a substrate (W), and its 1st process. The 3rd process which sets up the degree of adjustment for adjusting uniformly the pulse energy of the pulsed light irradiated on a substrate (W) (Step 108,109), By sending out the luminescence trigger signal for making the pulsed light emit light in the source of pulsed light (1) at intervals of isochronous, and scanning a mask (R) and a substrate (W) relatively to a predetermined lighting field (24) It has the 4th process (Steps 110-113) which exposes the pattern of a mask (R) on a substrate (W).

[0013] The exposure control unit by this invention Moreover, for example, the source of pulsed light which generates the pulsed light accompanied by the predetermined quantity of light change and predetermined luminescence timing change in within the limits according to the luminescence trigger signal (TP) from the outside in the degree of luminescence as shown in drawing 1 (1), The lighting optical system which irradiates the pulsed light to a predetermined lighting field (24) (2-10), It has a scanning means (11, 12, 17, 18) to synchronize and to scan a mask (R) and a substrate (W) relatively, to a predetermined lighting field (24). It is prepared in the aligner which scans a mask (R) and a substrate (W) relatively to a predetermined lighting field (24), and exposes the pattern on a mask (R) to up to a substrate (W). In the light exposure control unit for controlling the addition light exposure of the pulsed light to a substrate (W), and the illuminance homogeneity on a substrate (W) in a predetermined precision A luminescence state monitor means to measure the actual pulse energy and luminescence timing for every pulsed light of the which are irradiated on a substrate (W) (19 20), In the source of pulsed light (1) beforehand before the exposure to a substrate (W) by carrying out two or more pulse luminescence of the pulsed light It has a 1st operation means (14) to search for the average of the pulse energy of the pulsed light, dispersion of a pulse energy, and dispersion of luminescence timing from the result measured with the luminescence state monitor means.

[0014] Furthermore, this invention is based on dispersion of the pulse energy called for by this 1st operation means, and dispersion of the luminescence timing. A 2nd operation means to ask for the minimum pulse number of the pulsed light which should be irradiated by one [required in order to control the addition light exposure to a substrate (W), and the illuminance homogeneity on a substrate (W) in a predetermined precision] on a substrate (W) (14), It is based on the average of the pulse energy called for by the proper addition light exposure to the minimum pulse number and a substrate (W) and its 1st operation means of the pulsed light. A quantity of light adjustment means to be the predetermined degree of adjustment and to adjust uniformly the pulse energy of the pulsed light irradiated on a substrate (W) (3 13), Scanning a mask (R) and a substrate (W) relatively to a predetermined lighting field (24) In case the pattern of a mask (R) is exposed on a substrate (W), it has the luminescence control means (13 21) which supply a luminescence trigger signal (TP) at intervals of isochronous to the source of pulsed light (1).

[0015]

[Function] It is made to first determine the minimum exposure pulse number required to control the addition light exposure to a substrate (W), and illuminance homogeneity by predetermined precision beforehand by surveying time dispersion (dispersion in luminescence timing) from sending out of the luminescence trigger to the source of pulsed light (1) to actual luminescence with dispersion in a pulse energy according to the exposure control method of this invention. Then, in order to remove the influence of dispersion in the timing of read-out of the length measurement output of the length measurement means with which the scanning means the length measurement means with which the scanning means of ** was equipped, or for (Mask R) substrates (W) was equipped, the mask at the time of exposure (R) and the scan speed of a substrate (W) are set constant, and it is made to send out the luminescence trigger to the source of pulsed light (1) to an isochronous interval.

[0016] That is, since not only dispersion in a pulse energy but dispersion of the luminescence timing of the source of pulsed light (1) is taken into consideration and light exposure control is performed, the precision of light exposure control and control of illuminance homogeneity improves. Moreover, since it is not influenced by dispersion in the signal-processing time of a length measurement means, the precision of light exposure control and control of illuminance homogeneity improves more. Moreover, according to the exposure control unit of this invention, the above-mentioned exposure control method can be enforced.

[0017]

[Example] Hereafter, with reference to a drawing, it explains per example of this invention. this example applies this invention to the projection aligner of a slit scan exposure method which has the pulse oscillation type exposure light source of an excimer laser etc. as the light source. Drawing 1 shows the projection aligner of this example, and in this drawing 1, the cross-section configuration of a beam is orthopedically operated so that incidence of the laser beam injected from the pulse oscillation type source 1 of pulsed light may be efficiently carried out to the consecutive fly eye lens 4 with the beam plastic surgery optical system 2 which consists of a cylinder lens, a beam expander, etc. Incidence of the laser beam injected from the beam plastic surgery optical system 2 is carried out to the quantity of light adjustment means 3. The quantity of light adjustment means 3 shall have rough **** and fine **** of permeability. Incidence of the laser beam injected from the quantity of light adjustment means 3 is carried out to the fly eye lens 4. The fly eye lens 4 is for illuminating a consecutive field diaphragm 7 and consecutive Reticle R with a uniform illuminance.

[0018] The laser beam which the reflection factor carried out incidence of the laser beam injected from the fly eye lens 4 to the small beam splitter 5 with big permeability, and passed the beam splitter 5 illuminates a field-diaphragm 7 top with a uniform illuminance by the 1st relay lens 6. The configuration of opening of the field diaphragm 7 of this example is a rectangle. The laser beam which passed the field diaphragm 7 illuminates the reticle R on a reticle stage 11 with a uniform illuminance through the 2nd relay lens 8, the bending mirror 9, and the main condenser lens 10. The pattern formation side of a field diaphragm 7 and Reticle R and the exposure side of Wafer W are conjugate, and a laser beam is irradiated by the lighting field 24 of the shape of a slit of opening of a field diaphragm 7, and the rectangle on the conjugate reticle R. By changing the configuration of opening of a field diaphragm 7 through a mechanical component (illustration ellipsis), the configuration of the lighting field 24 of the shape of the slit can be adjusted.

[0019] Projection exposure of the pattern image in the lighting field 24 of the shape of a slit on Reticle R is carried out on Wafer W through a projection optical system 15. A conjugate field is set to exposure field 24W about slit-like the lighting field 24 and a projection optical system 15. And when the Z-axis is taken in parallel with the optical axis of a projection optical system 15 and the scanning direction of the reticle R to the slit-like lighting field 24 is made into the direction of X within a flat surface perpendicular to the optical axis, a reticle stage 11 is scanned in the direction of X by the reticle-stage mechanical component 12. The reticle-stage mechanical component 12 is controlled by the main-control system 13 which controls operation of the whole equipment. Moreover, the length measurement equipments (laser interferometer etc.) for detecting the coordinate of the direction of X of a reticle stage 11 are built into the reticle-stage mechanical component 12, and the X coordinate of the reticle stage 11 measured by this is supplied to the main-control system 13.

[0020] On the other hand, Wafer W is laid through the wafer electrode holder 16 on X-Y stage 17 which can be scanned in the direction of X (drawing 1 longitudinal direction) at least. Between ** and X-Y stage 17 which carry out an illustration ellipsis, and the wafer electrode holder 16, the Z stage which positions Wafer W to a Z direction is equipped. Synchronizing with Reticle R being scanned in the direction of +X (or the direction of -X) at the time of slit scan exposure, Wafer W is scanned in the direction of -X (or the direction of X) to exposure field 24W through X-Y stage 17. The main-control system 13 controls operation of the X-Y stage 17 through the wafer stage mechanical component 18. The length measurement equipments (laser interferometer etc.) for detecting the coordinate of the direction of X of X-Y stage 17 and the direction of Y are built into the wafer stage mechanical component 18, and the X coordinate and Y coordinate of X-Y stage 17 which were measured by this are supplied to the main-control system 13.

[0021] Moreover, the laser beam reflected by the beam splitter 5 is received by the light exposure monitor 19 which consists of an optoelectric transducer, and the light exposure monitor's 19 photo-electric-translation signal is supplied to operation part 14 through amplifier 20. The relation between the light exposure monitor's 19 photo-electric-translation signal and the illuminance of the pulse exposure light on the exposure side of Wafer W is called for beforehand. That is, the light exposure monitor's 19 photo-electric-translation signal is proofread beforehand.

[0022] Operation part 14 measures not only dispersion in the amount of pulsed light of the pulsed light outputted from the source 1 of pulsed light but the luminescence timing of each pulsed light from the exposure monitor's 19 photo-electric-translation signal. Dispersion of the amount of these pulsed light and dispersion of luminescence timing are supplied to the main-control system 13. Moreover, at the time of exposure, operation part 14 integrates the photo-electric-translation signal for every pulsed

light, and supplies it to the main-control system 13 in quest of the addition light exposure to Wafer W.

[0023] The main-control system 13 controls the timing of luminescence of the source 1 of pulsed light by supplying luminescence trigger signal TP to the source 1 of pulsed light through the trigger-control section 21. Moreover, dispersion in time after, as for operation part 14, a luminescence trigger is supplied to the source 1 of pulsed light from the trigger-control section 21 from the timing which sent out luminescence trigger signal TP to the source 1 of pulsed light, and the light-receiving timing detected by operation part 14 until the source 1 of pulsed light actually emits light, i.e., dispersion of the luminescence timing of the source 1 of pulsed light, can be searched for. Moreover, the main-control system 13 adjusts the output power of the source 1 of pulsed light if needed, or adjusts the permeability in the quantity of light adjustment means 3. While an operator can input the pattern information on Reticle R etc. into the main-control system 13 through the I/O means 22, the main-control system 13 is equipped with the memory 23 which can accumulate various information.

[0024] Next, it explains per example of operation in the case of exposing the pattern of Reticle R on Wafer W by this example with reference to the flow chart of drawing 2. First, in Step 101 of drawing 2, an operator sets the light exposure S of the request in respect of a wafer (mJ/cm²) as the main-control system 13 through the I/O means 22. Next, in Step 102, the main-control system 13 gives directions of dummy luminescence to the trigger-control section 21. Then, experimental luminescence (dummy luminescence) of the source 1 of pulsed light is performed in the state where it evacuated to the place (field of the outside which is exposure field 24W) where Wafer W is not exposed. In dummy luminescence, the distribution of the amount of pulsed light which the photo-electric-translation signal which the pulsed light of about 100 pulses emits light, and is detected by the light exposure monitor 19 shows, and the distribution of luminescence timing serve as a normal distribution form mostly, as shown [both] in drawing 3.

[0025] Drawing 3 (a) shows the distribution of the value (mJ/cm²) of the amount p of pulsed light of each pulsed light measured by the dummy luminescence (amount converted on the exposure side of a wafer), and drawing 3 (b) shows the distribution of the luminescence timing delta of the source 1 of pulsed light measured by the dummy luminescence (sec). And in Step 103, from the distribution data of the amount p of pulsed light shown in drawing 3 (a), operation part 14 calculates the amount of average pulsed light on the exposure side of a wafer <p> (mJ/cm² and pulse), and calculates the average <delta> of dispersion in the distribution data of the luminescence timing delta shown in drawing 3 (b) to luminescence timing.

[0026] After that, in Step 104, from the distribution data of the amount p of pulsed light shown in drawing 3 (a), operation part 14 asks for deflection Δp 3 times (3sigma) the amount of pulsed light of standard deviation, and asks for deflection $\Delta \Delta$ of the luminescence timing of being 3 times much as the distribution data of the luminescence timing delta shown in drawing 3 (b) to standard deviation. And operation part 14 computes dispersion ($\Delta p / \langle p \rangle$) of the amount of pulsed light, and dispersion ($\Delta \Delta / \langle \Delta \rangle$) of luminescence timing.

[0027] Next, in Step 105, the light exposure S of the request specified through the I/O means 22 (mJ/cm²) is sent out to operation part 14 from the main-control system 13, and operation part 14 computes exposure pulse-number N from the following formula using the amount of average pulsed light <p> computed at the light exposure S and Step 103 of the request.

[0028]

[Equation 1]

$$N = \text{int} (S / \langle p \rangle)$$

[0029] Here, int (A) expresses the integer which omitted below decimal point of the real number A, and was acquired. Moreover, the information on width-of-face [of the scanning direction of exposure field 24W of the shape of a slit on a wafer side] D (cm) and oscillation frequency [of the source 1 of pulsed light] f (Hz) is sent to operation part 14 through the main-control system 13 from memory 23, and operation part 14 asks for the scan speed v on a wafer side (cm/sec) from the following formula using exposure pulse-number N for which it asked by (several 1), width of face D, and frequency f.

[0030]

[Equation 2]

$$v = \frac{D \cdot f}{N}$$

[0031] It is the minimum exposure pulse-number Nmin required after that, in order that operation part 14 may control the addition light exposure in respect of exposure of Wafer W, and illuminance homogeneity in a predetermined precision in Step 106. Although computed, the operation expression is explained in detail later. Exposure pulse-number N and the minimum exposure pulse-number Nmin The main-control system 13 is supplied.

[0032] Next, it sets to Step 107 and the main-control system 13 is exposure pulse-number N and the minimum exposure pulse-number Nmin. It compares, in (N < Nmin), it shifts at Step 108, and the main-control system 13 reduces coarsely the permeability of the quantity of light adjustment means 3 of drawing 1 (it rough-**). Even Steps 102-107 are repeated after that, and it is exposure pulse-number Nmin of the exposure pulse-number N and the minimum again. It compares. Therefore, the permeability of the quantity of light adjustment means 3 is set up so that it may become the last target with (N ≥ Nmin). There is equipment equipped with the ND filter which has two or more permeability in a turret board which is indicated as an example of a means to rough-** permeability by JP,63-316430,A and JP,1-257327,A by these people etc.

[0033] Next, when it becomes (N ≥ Nmin) at Step 107, it shifts to Step 109 and the quantity of light of pulsed light is tuned finely. That is, fine ** of the amount of average pulsed light <p> is performed so that S/<p> may become an integer in a formula (several 1). under the present circumstances -- alike -- Step 105 -- setting (several 1) -- since the scan speed v was defined according to exposure pulse-number N for which it asked, it is desirable to tune the amount of pulsed light finely towards only a

few enlarging the amount of average pulsed light <p> so that the value of exposure pulse-number N may not be changed. On the contrary, what is necessary is for the amount of average pulsed light <p> to follow a scan speed v anew (several 2) by fine tuning of the amount of pulsed light, when exposure pulse-number N is set to (N+1) by the bird clapper slightly and small, and just to reask.

[0034] While being arranged along with the optical path of pulsed light as indicated by JP,2-135723,A by these people as an example of quantity of light fine ***** for tuning the energy of pulsed light finely, the means which consists of a mechanism to which the strike slip of the grid of two sheets in which line - and - space pattern were formed in the same pitch, and the grid of these two sheets is carried out slightly is mentioned. Since the pulsed light of the field with which the bright section of the 1st grid and the bright section of the 2nd grid lapped is irradiated at Wafer W side when using the grid of two sheets, the amount of pulsed light irradiated at Wafer W side can be finely tuned by adjusting the relative amount of strike slips of the grid of these two sheets.

[0035] Then, the main-control system 13 makes the scan of Reticle R and Wafer W start in Step 110 through a reticle stage 11 and X-Y stage 17 by the side of a wafer. In drawing 1, when Reticle R is scanned in the direction of X, Wafer W is scanned in the direction of -X. moreover, the settling time although the scan speed (reduced property in respect of exposure of Wafer W) v of Reticle R and Wafer W is defined by (several 2), until the scan speed of X-Y stage 17 by the side of a wafer reaches the scan speed v after a scanning start in this example -- T0 ** -- it carries out

[0036] Furthermore, after resetting Time t to 0 at the time of a scanning start and resetting Parameter j to 0, as shown in Step 111, the main-control system 13 turns ON (pulse of high level "1") luminescence trigger signal TP in the source 1 of pulsed light through the trigger-control section 21, when Time t is set to (T0+jdeltaT). According to this, in the source 1 of pulsed light, one pulsed light is generated and the pattern of Reticle R is exposed on Wafer W.

[0037] For luminescence trigger signal TP, Time t is T0, as drawing 5 shows luminescence trigger signal TP of this example and shows it to this drawing 5. It is turned ON by fixed period deltaT from the time of reaching. Therefore, the source 1 of pulsed light will emit light by fixed periodic deltaT, and f is expressed with the oscillation frequency 1/delta T of the source 1 of pulsed light. The oscillation frequency f is a value beforehand memorized by memory 23. Then, 1 is added to Parameter j at Step 112, and Parameter j is Integer NT at Step 113. In the source 1 of pulsed light, it is NT by emitting light in the source 1 of pulsed light at Step 111, when having not reached. Luminescence of the pulsed light of an individual is performed by the fixed frequency f (with fixed periodic deltaT).

[0038] If width of face of the scanning direction of L1 and exposure field 24W is set to D for the width of face of the scanning direction (the direction of X) of one shot field on Wafer W in drawing 1, since it is v/f, the distance by which Wafer W is scanned one period of luminescence of the source 1 of pulsed light is the number NT of luminescence of pulsed light. The minimum value is as follows.

$$NT = (L1 + D) / (v/f)$$

= (L1 + D) The pulsed light of a predetermined number is added to f/v practice at the time of the start of a scan, and an end. And the pulse number which emitted light in Step 113 is NT. When it reaches, it shifts to Step 114 and the main-control system 13 ends a scan and exposure of Reticle R and Wafer W. Thereby, all the patterns for one shot on Reticle R are exposed by one shot field on Wafer W. In this case, luminescence of the source 1 of pulsed light is performed by this example on fixed frequency regardless of the X coordinate of a reticle stage 11, and the X coordinate of X-Y stage 17 by the side of a wafer. However, the reticle stage 11 and X-Y stage 17 are scanned by constant speed, respectively. Therefore, even if the time which measurement of the X coordinate of X-Y stage 17 by the side of the time which measurement of the X coordinate of a reticle stage 11 takes, or a wafer takes differs in this example, the oscillation frequency of the source 1 of pulsed light is not influenced, and the addition light exposure and illuminance homogeneity over Wafer W are maintained in a desired precision.

[0039] Next, the minimum exposure pulse-number Nmin in Step 106 of drawing 2 The method of computing is explained in full detail. First, the illumination distribution in alignment with the cross section of the scanning direction of exposure field 24W on the lighting visual field (lighting field 24) formed of the field diaphragm 7 of drawing 1 and Wafer W is a rectangle ideally, respectively. However, the illumination distribution will become a trapezoidal shape as shown in drawing 4 by the installation error of a field diaphragm 7, the aberration of optical system, etc. in fact.

[0040] Drawing 4 expresses the illumination distribution for every pulsed light in the position X of the scanning direction on Wafer W with the function p of a position X. For example, supposing it is injected from one in opening of a field diaphragm 7 and light fades with a uniform illuminance to the circular field of radius **D on Wafer W, the function and bird clapper of a variable like the following formula] (X/deltaD) whose slope section of the illumination distribution of a trapezoidal shape is will be proved easily.

[0041]

[Equation 3]

$$p(X/\Delta D) = \frac{1}{\pi} \left\{ \arccos\left(\frac{X}{\Delta D}\right) - \left(\frac{X}{\Delta D}\right) \sqrt{1 - \left(\frac{X}{\Delta D}\right)^2} \right\},$$

$$(-1 \leq \frac{X}{\Delta D} \leq +1)$$

[0042] Distribution curves 25A, 25B, and 25C show the illumination distribution in alignment with a cross section with such slight dotage to drawing 4 for every pulsed light. Since the width of face of the scanning direction of exposure field 24W is

[REDACTED]

several mm in fact and width-of-face **D of dotage of an illuminance is about several 10-several micrometers, the illumination distribution in alignment with the cross section of drawing 4 is a rectangular distribution mostly. the peak value of distribution curves 25A, 25B, and 25C -- respectively -- p1, p2, and p3 it is -- in distribution curves 25A, 25B, and 25C's, the width of face of the scanning direction of the position where a value becomes one half of peak value, respectively is D in common This width of face D can be considered to be the width of face of the scanning direction of exposure field 24W.

[0043] The peak quantity of light of 1 pulse eye (distribution curve 25A), 2 pulse eye (distribution curve 25B), and 3 pulse eye (distribution curve 25C) is changing with dispersion in the amount of pulsed light, respectively, and the luminescence interval of each pulsed light is also moreover, less fixed [by dispersion in luminescence timing] in drawing 4. Here, it is the pulse number by which a value is exposed in piles to 1/2 or less field (field of width-of-face **D1 and **D2) of peak value in the slope section of the both sides of distribution curve 25A of 1 pulse eye after 2 pulse eye, respectively N1 and N2 The following formula will be materialized if it sets.

[0044]

[Equation 4]

$$N_1 = i n t \left(\frac{\Delta D_1}{D} \cdot N \right),$$

$$N_2 = i n t \left(\frac{\Delta D_2}{D} \cdot N \right)$$

[0045] That is, since the pulse number exposed while scanning the exposure field of width of face D is N (several 1) (expressed), it is width-of-face **D1. And **D2 A number proportional to each width of face of pulsed light is exposed by the field. At this time, the light exposure after scanning exposure and the precision A of illuminance homogeneity are expressed by the following formula. For example, A is 0.01 if precision is 1%.

[0046]

[Equation 5]

$$A = + \sqrt{1 - \frac{N_1 + N_2 + 1}{2N} + \left(\frac{D}{2N \cdot \Delta D_1} \right)^2 \frac{N_1}{3N} (N_1 + D) + \left(\frac{D}{2N \cdot \Delta D_2} \right)^2 \frac{N_2}{3N} (N_2 + D) + \left(\frac{\Delta P}{\langle \delta \rangle} \right)^2} \\ \times \frac{1}{\sqrt{N}} \left(\frac{\Delta P}{\langle \delta \rangle} \right) \\ + \sqrt{\frac{2N_1 + 1}{(2\Delta D_1)^2} + \frac{2N_2 + 1}{(2\Delta D_2)^2}} \sqrt{\left(\frac{\Delta P}{\langle \delta \rangle} \right)^2 + \left(\frac{\Delta \delta}{\langle \delta \rangle} \right)^2} \frac{|X|}{N} \\ + \left| \frac{2N_1 + 1}{2\Delta D_1^2} - \frac{2N_2 + 1}{2\Delta D_2^2} \right| \frac{|X|}{N}, \left(-\frac{D}{N} \leq X \leq +\frac{D}{N} \right)$$

[0047] The term which generates the 1st term of the right-hand side of (several 5) by dispersion in the amount of pulsed light, the term which generates the 2nd term by dispersion in the amount of pulsed light and dispersion of luminescence timing, and the 3rd term are terms showing degradation of illuminance homogeneity produced by the asymmetry of dotage of exposure field 24W. In the right-hand side of (several 5), it is width of face D, width-of-face **D1, and width-of-face **D2. It is stored in memory 23 as an equipment constant, respectively. In addition, this example is those width of face D, width-of-face **D1, and width-of-face **D2, although it differs. The aligner may be equipped with the measurement function. moreover -- and (**p/<p>) (**delta/<delta>) it is asked to have been shown in Step 104 by survey Therefore, the minimum exposure pulse-number Nmin required in order to acquire the precision A of the request by substituting the desired precision A for (several 5), and solving about N It asks.

[0048] In addition, in the above-mentioned example, the explanation about the interference fringe generated for the influence of the spatial coherence which the source 1 of pulsed light has, and the control means for reducing irregular lighting unevenness (speckle) was omitted. Generally, since the spatial coherence of an excimer laser is good, by the aligner using an excimer laser, it has an interference fringe reduction means, and light exposure control is performed, exposure of two or more pulses performing interference fringe reduction (for example, refer to JP,1-257327,A). in this case, the minimum exposure pulse number required for interference fringe reduction -- and (several 4) (several 5) -- from -- the minimum exposure pulse-number Nmin which can be found the larger one -- Nmin ** -- what is necessary is just to set

[0049] Moreover, although the light exposure monitor 19 is installed into lighting optical system, the sensor on a wafer stage (16 17) may substitute the light exposure monitor 19 for the above-mentioned example. However, the sensor formed on the wafer stage in this way is usable only during dummy luminescence of the source 1 of pulsed light, and while actually exposing to Wafer W, another light exposure monitor is needed.

[0050] Moreover, although the slit-like lighting field was made into the rectangle in this example, even if it is a hexagon, a rhombus, or the lighting field of circular **, it cannot be overemphasized that this invention is applicable similarly. Furthermore, a refraction formula, a reflective formula, or a reflective refraction formula is also available for the projection optical system 15 in

drawing 1 . And as a source 1 of pulsed light, not only a laser light source but a plasma X line source, synchrotron radiation equipment (SOR), etc. may be used. Furthermore, this invention cannot be overemphasized by that not only a projection aligner but the aligner of a contact method or a proxy tee method is effective.

[0051] Thus, this invention is not limited to the above-mentioned example, but can take composition various in the range which does not deviate from the summary of this invention.

[0052]

[Effect of the Invention] Since light exposure control is performed according to this invention, taking into consideration not only dispersion of a pulse energy that the source of pulsed light has but dispersion of luminescence timing, there is an advantage light exposure and whose control precision of illuminance homogeneity improve. Moreover, since the luminescence trigger of the source of pulsed light is supplied to the source of pulsed light a fixed period and the scan speed of the mask at the time of exposure and a sensitization substrate is also set constant, the influence of dispersion in the read-out timing of the length measurement result from length measurement equipments, such as a laser interferometer, is mitigated, and light exposure and the control precision of illuminance homogeneity improve further.

[Translation done.]

